

Reference D2

Japanese Patent Kokai No.64 – 83248

Laid-opening date : 29 March 1983

Application No. : 62 – 239792

Filing date : 24 September 1987

Applicant : SHIMAZU SEISAKUJO K.K.

(Shimazu Co. Ltd)

Kyoto city, Kyoto

Title : Ultrasonic wave examination apparatus for examining an object

[Claims]

1. An ultrasonic wave examination apparatus for examining an object, characterized in that the apparatus comprising:
a pressure apply means for changing a pressure to a specimen (1) ;
a means for allowing an ultrasonic wave in burst mode incident into a specimen (1); and
a signal detection means for detecting a changing of a received wave signal relative to said pressure.
2. An ultrasonic wave examination apparatus according to claim 1, characterized by the fact that, said pressure apply means is a low frequency vibration apply means.
3. An ultrasonic wave examination apparatus according to claim 1, characterized by fact that, said signal detection means is a means for obtaining a rate of an amplitude and a phase of the received wave signal.
4. An ultrasonic wave examination apparatus according to claim 1, wherein said signal detection means displays a plurality of two

dimensional echo images from the received wave signal in correspondance to a degree of the pressure, and obtains a correlation relating to each parts divided in a suitable volume.

[Detailed description of the invention]

[Industrial field of the invention]

The invention relates to an apparatus for examining an object using an ultrasonic wave.

[Embodiments of the invention]

In Figure 1, a vibration plate 2 is attached to a tip of a vibrator 3 for changing a pressure of a low frequency and closely located on the surface of a specimen 1. The vibrator 3 is held by a spring balancer 4. Also on the surface of the specimen 1, an ultrasonic wave transducer array 6 is located through a gel substance 5. The gel substance 5 matches with audio impedance between the transducer array 6 and a specimen 1.

A low frequency wave signal of 100 – 500 Hz from a low frequency wave oscillator 32 is transmitted to the vibrator 3 via an electric power amplifier 31 and the vibrator is driven. The vibration plate 2 is a flat plate of 120 mm × 35 mm for example, and vibrated with above frequency. Its amplitude is under 200 μ m.

The ultrasonic wave transducer array 6 is connected with a B-mode scanner, which consists of a burst signal generator 71, an electric power amplifier 72, an amplifier 73, a logarithmic amplifier 74, and an envelope detector 75. Namely the burst signal generator 71 generates 10 wave length of a sinusoidal wave of 5.5 MHz in burst mode, the signal is transmitted to the transducer array 6 via the electric power amplifier 72, and 3.5 MHz burst mode supersonic wave is allowed incident into specimen 1 as a probe wave. The probe wave reflected from the specimen 1 is received by the transducer array 6, transmitted to the envelope detector 75 via the

logarithmic amplifier 74, and an envelope of received signal is detected. The ultrasonic wave beam is scanned on one sectional part in the specimen 1, an envelope of their reflected wave is obtained, and a two-dimension echo image, i.e. so-called B-mode image is obtained on the section by displaying the envelop in each locations of beam.

The envelope output is taken into a microcomputer 84 via a low-pass filter 82 and A/D converter 83, handled as below, whereby the images obtained are displayed by a display device 85.

A timing generator 81 adjusts timings for generating probe wave as shown in Figure 2 and the timings are set at desired phase $\theta 1$ and $\theta 2$. The phase $\theta 1$ is set in an area where a variation (?) of a low frequency vibration is small and the phase $\theta 2$ is set where a variation (?) of a low frequency vibration is maximum. Providing that the envelope output $E1(t)$ of a reflected wave of one probe wave is generated in the phase $\theta 1$ as shown in Figure 3 and the envelope output $E2(t)$ of a reflected wave of one probe wave is generated in the phase $\theta 2$ as shown in Figure 2.

The microcomputer 84 calculates $\Delta E(t) = \{|E2(t) - E1(t)| / E1(t)\} \cdot f(E1(t))$ and obtains a variation rate ΔE of a reflected wave amplitude. Here, a function $f(E1(t))$ is an amplitude filter for restricting a divergent of ΔE in an area where $E1(t)$ is small. Therefore, ΔE is obtained as shown in Figure 5. Also, for example, an average $\langle \Delta E \rangle$ of the variation rate ΔE in each 2mm section is shown with a dotted line in Figure 5.

As such, the generating of the probe wave and the receiving of the reflected wave in two phases of low-frequency vibration are repeated on defined section of the specimen 1 with relating to a ultrasonic wave beam, whereby distribution images of the variation rate or the average $\langle \Delta E \rangle$ in said section are obtained, and the distribution images are displayed by the display device 85.

Then the low frequency vibration is applied to the specimen 1 by the vibration plate 2, the vibration transmits inside the specimen 1, perturbation

is caused to a plurality of micro reflections in the specimen 1 by the transmitted vibration pressure. As a result, responses to the ultrasonic wave are different between the case of causing perturbation and the case of no-causing perturbation. Said variation rate ΔE (or $\langle \Delta E \rangle$) indicates elastic property which shows easy of causing perturbation inside the specimen 1, since the timings of two envelope wave are defined to differentiate the variation of the low frequency vibration as above. Therefore, the display device 85 displays the distribution images of elastic property in the specimen 1 as tomographic image.

Actually a phantom is made in that a hard agar is embedded into an agar mixed with soft graphite and an experiment is carried out with the phantom. In that case the hard agar can not be identified in normal B mode image but it can be discriminated in Δ image clearly. Also on other imaging experiment using a right fore arm, a difference of an elastic property relating to tension and loose of muscles can be discriminated in ΔE image but mostly it can not be discriminated in normal B mode image.

Namely as above, the supersonic wave is caused in response to the perturbation which is applied by the low frequency vibration, and the difference responding to the supersonic wave can be grasped as the amplitude change of the reflected wave and also as the phase velocity change of the reflected wave.

Also it can be thought that in response to whether there is the low frequency for applying a perturbation or not, B mode images are obtained in each case, and in relation to each part of the images which are divided into suitable sizes, a correlation coefficient between the images is calculated and displayed. In relation to a plurality of B mode images corresponding to different phases of low frequency vibration, the correlation coefficient may be obtained and displayed in the same manner.

As above, the low frequency vibration is used for applying the perturbation to micro reflections in the specimen 1, but instead of such low

frequency vibration any kinds of static pressure can be applied, and the difference responding to the ultrasonic wave can be detected.

[Brief description of the drawings]

[Figure 1]

A block diagram of one embodiment according to the invention;

[Figure 2]

A waveform graph showing phase of probe wave to low frequency vibration;

[Figure 3]

A waveform graph showing envelope of reflected wave of probe wave;

[Figure 4]

A waveform graph showing envelope of reflected wave of probe wave; and

[Figure 5]

A waveform graph showing amplitude variation rate of reflected wave.

[List of the reference numerals]

1...Specimen

2...Vibration plate

3...Vibrator

4...Spring balancer

5...Gel substance

6...Ultrasonic transducer array

7...B mode scanner

31, 72...Electric power amplifier

32...Low frequency wave generator

71...Burst signal generator

73...Amplifier

74...Logarithmic amplifier

75...Envelope detector

81...Timing generator

82...Low pass filter

83...A/D converter

84...Microcomputer

85...Display device

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭64-83248

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和64年(1989)3月29日

A 61 B 8/00
G 01 N 29/00
29/06

8718-4C
Z-8707-2G
6928-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 超音波物体検査装置

⑯ 特 願 昭62-239792

⑰ 出 願 昭62(1987)9月24日

特許法第30条第1項適用 昭和62年3月28日 (社)応用物理学会発行の「1987春季第34回応用物理学関係連合講演予稿集第1分冊」に発表

⑱ 発 明 者 佐 藤 拓 宋 東京都品川区上大崎4丁目5番地26号
⑲ 発 明 者 山 越 芳 樹 神奈川県川崎市宮前区有馬8-4-9
⑳ 出 願 人 株式会社島津製作所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
㉑ 代 理 人 弁理士 佐藤 祐介

明 細 書

1. 発明の名称

超音波物体検査装置

2. 特許請求の範囲

(1) 被検体に対して圧力変化を与える圧力印加手段と、該被検体にバースト状の超音波を入射する手段と、上記被検体内での反射波を受波する手段と、上記圧力による受波信号の変化を検出する信号検出手段とを備える超音波物体検査装置。

(2) 上記圧力印加手段は、低周波振動印加手段であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の超音波物体検査装置。

(3) 上記信号検出手段は、受波信号の振幅または位相の変化率を求める手段であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の超音波物体検査装置。

(4) 上記信号検出手段は、圧力の程度に対応して受波信号から複数の2次元エコー像を作り、これら画像間の、適当な大きさに分割された各部分での相関を求める手段であることを特徴とする特許

請求の範囲第1項記載の超音波物体検査装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

この発明は、超音波を用いて物体を検査する装置に関する。

【従来の技術】

従来の超音波非破壊検査装置や超音波診断装置などの超音波物体検査装置では、超音波と物体の相互作用は線形なもの、言い換えると音波によって物体の性質は変化しないとの仮定の上に行われている。

【発明が解決しようとする問題点】

しかしながら、このような従来の超音波物体検査装置では、たとえば超音波診断装置の場合、胆石のように音響反射係数が明確に異なるとともにその境界がはっきりしているものについては非常に有効であるが、びまん性の病変に対してはこれを検出できず、無力である。すなわち、びまん性の病変では超音波の分解能よりも微小な変化や、分解能のサイズで明確な境界を持たない弾性的な

性質の変化を持つ場合が多いからである。

この発明は、従来検出できなかった散乱体内部の弾性的な性質の差異を検出することができる、超音波物体検査装置を提供することを目的とする。

【問題点を解決するための手段】

この発明による超音波物体検査装置は、被検体に対して圧力変化を与える圧力印加手段と、該被検体にバースト状の超音波を入射する手段と、上記被検体内での反射波を受波する手段と、上記圧力による受波信号の変化を検出する信号検出手段とを備える。

【作 用】

被検体に対して圧力変化が与えられると、その内部の多数の微小な反射体のそれぞれの位置や方向が変化する。この変化は、その被検体が柔らかい物質であるか、硬い物質であるかというような弾性的な性質によって異なる。

そこで、この被検体に超音波を入射して内部での反射波を受波するようにして、印加した圧力の有無や大小による受波信号の変化を検出すれば、

73と、対数増幅器74と、エンベロープ検波器75でなるBモードスキャナ7が接続される。すなわち、バースト信号発生器71は例えば3.5MHzの正弦波を10波長程度バースト状に発生し、これが電力増幅器72を経て超音波トランスデューサアレイ6に送られて、これから試料1中に3.5MHzのバースト状超音波がプローブ波として入射せられる。試料1中で反射した超音波は超音波トランスデューサアレイ6に受波され、増幅器73、対数増幅器74を経てエンベロープ検波器75に送られ、受波信号のエンベロープが検出される。試料1内の1つの断面上に超音波ビームをスキャンさせてそれらの反射波のエンベロープを得、これを各ビームの位置毎に表示すればその断面上での超音波2次元エコー像、いわゆるBモード画像が得られる。

このエンベロープ出力は、ローパスフィルタ82、A/D変換器83を経てマイクロコンピュータ84に取り込まれ、後述の処理を受けて、その結果として得られる画像が表示装置85により表

その被検体の内部の弾性的な性質を知ることができる。

【実施例】

第1図において、試料1の表面に低周波の圧力変化を与えるバイブレータ3の先端に取り付けられた振動板2が密着配置されている。このバイブレータ3はスプリングバランサ4によって保持されている。他方、同じ表面上にゲル状物質5を介して超音波トランスデューサアレイ6が配置される。このゲル状物質5はトランスデューサアレイ6と試料1との間の音響インピーダンスを整合するためのものである。

バイブレータ3には低周波発振器32からの10～500Hz程度の低周波信号が電力増幅器31を介して送られて、これが駆動される。振動板2は例えば120mm×35mm程度の大きさの平板で、上記の周波数で振動する。その振幅は200μm程度以下とされる。

超音波トランスデューサアレイ6には、バースト信号発生器71と、電力増幅器72と、増幅器

示される。

タイミング発生器81は、第2図のようにプローブ波の発生タイミングが低周波振動の所定の位相 θ_1 、 θ_2 となるようにこれらの間のタイミングを調整する。位相 θ_1 は低周波振動の変位が小さい領域に設定され、位相 θ_2 は低周波振動の変位が最大になる付近に設定される。位相 θ_1 で発生した1つのプローブ波の反射波のエンベロープ出力 $E_1(t)$ が第3図のように得られ、位相 θ_2 で発生した1つのプローブ波の反射波のエンベロープ出力 $E_2(t)$ が第4図のようになったとする。

マイクロコンピュータ84は、

$$\Delta E(t) = (|E_2(t) - E_1(t)| / E_1(t)) \cdot f(E_1(t))$$

なる演算処理を行い、反射波振幅の変化率 ΔE を求める。ここに関数 $f(E_1(t))$ は、 $E_1(t)$ が小さい部分での ΔE の発散を抑えるための振幅フィルタである。こうして第5図のように ΔE が求められる。またこの変化率 ΔE の例えば2mmの区間毎の平均値 $\langle \Delta E \rangle$ は第5図の点線のようになる。

このような低周波振動の2つの位相でのプローブ波の発生・反射波の受波を、試料1の特定の断面上でスキャンすべき超音波ビームの1つずつについて繰り返せば、変化率 ΔE またはその平均値 $\langle \Delta E \rangle$ の上記の断面での分布像が得られ、これが表示装置85によって表示される。

ここで、振動板2によって低周波振動が試料1の表面に加えられると、これが内部に伝播し、この伝播する振動圧力により試料内部の多数の微小な反射体が振動を受ける。その結果、振動を受けた場合と受けない場合とでは超音波に対する応答が相違することになる。2つのエンベロープ波のタイミングは、上記のように低周波振動の変位が異なる位相となるように定められているので、上記の変化率 ΔE (または $\langle \Delta E \rangle$)は、試料1の内部の振動の受け易さという弾性的な性質を表すことになる。したがって、表示装置85により試料1の内部の弾性的な性質の分布像が断層像として表示されることになる。

実際、柔らかいグラファイトを混入した寒天中

動を与えるため低周波振動を用いたが、このような低周波振動の代わりに何種類かの静圧を加えて、超音波に対する応答の相違を検出することもできる。

【発明の効果】

この発明の超音波物体検査装置によれば、従来では検出不能な、比較的柔らかい散乱体内部の境界の不明確な弾性的な性質の差異を高い感度で検出し、内部の弾性的な性質の分布を映像化して表示することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例のブロック図、第2図は低周波振動に対するプローブ波の位相を示す波形図、第3図及び第4図はプローブ波の反射波のエンベロープを示す波形図、第5図は反射波振幅の変化率の波形図である。

1…試料、2…振動版、3…バイブレータ、4…スプリングバランサ、5…ゲル状物質、6…超音波トランスデューサアレイ、31、72…電力増幅器、32…低周波発振器、7…Bモードスキャ

に硬い寒天を埋め込んだファントムで実験を行ったところ、通常のBモード像では硬い寒天の識別ができなかったが、 ΔE 像では明瞭に区別できた。また、人間の右前腕部を用いて行った映像化実験でも、筋肉の緊張・弛緩に応じた弾性特性の相違が ΔE 像では明確に区別できたが、通常のBモード画像では殆ど区別し得なかった。

なお、上記では、低周波振動により振動が与えられたことに応じて生じる超音波に対する応答の相違を、反射波の振幅の変化として捉えているが、反射波の位相速度の変化として捉えることもできる。

また、振動を与える低周波振動の有無に応じてそれぞれBモード画像を得ておいて、これらの画像の適当な大きさに分割された各部分について、画像間の相関係数を計算し、画像化することも考えられる。低周波振動の異なる位相に対応する複数枚のBモード画像について同様の相関係数を求めて画像化してもよい。

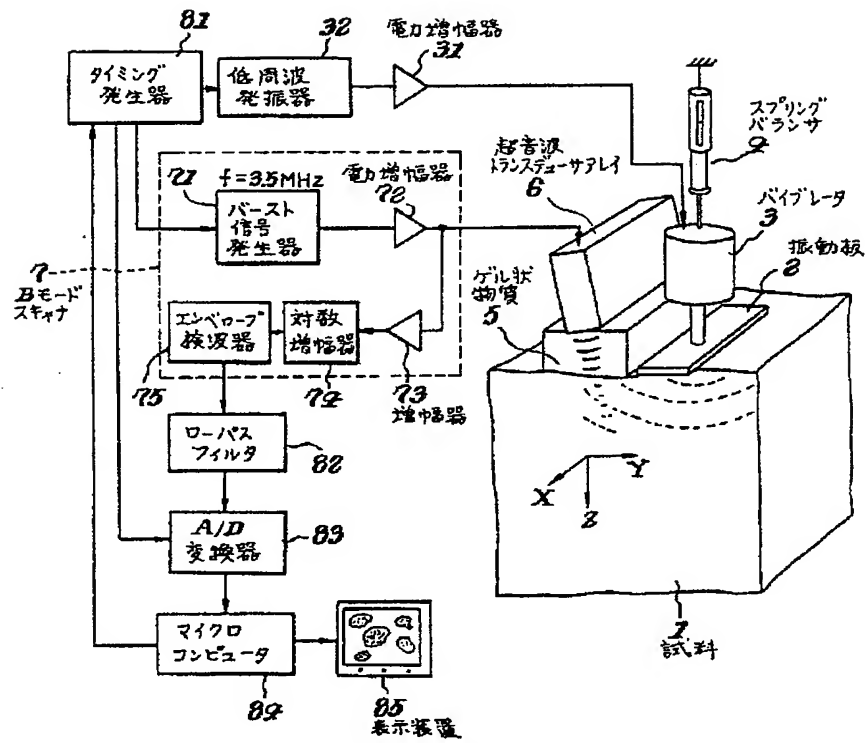
さらに上記では、試料の内部の微小反射体に振

ナ、71…バースト信号発生器、73…増幅器、74…対数増幅器、75…エンベロープ検波器、81…タイミング発生器、82…ローパスフィルタ、83…A/D変換器、84…マイクロコンピュータ、85…表示装置。

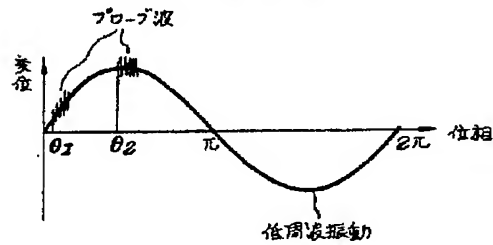
出願人 株式会社島津製作所

代理人 弁理士 佐藤 祐介

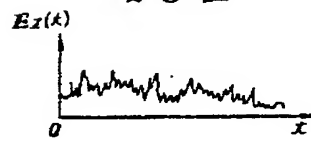
第1図



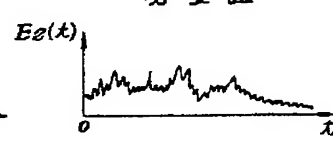
第2図



第3図



第4図



第5図

